

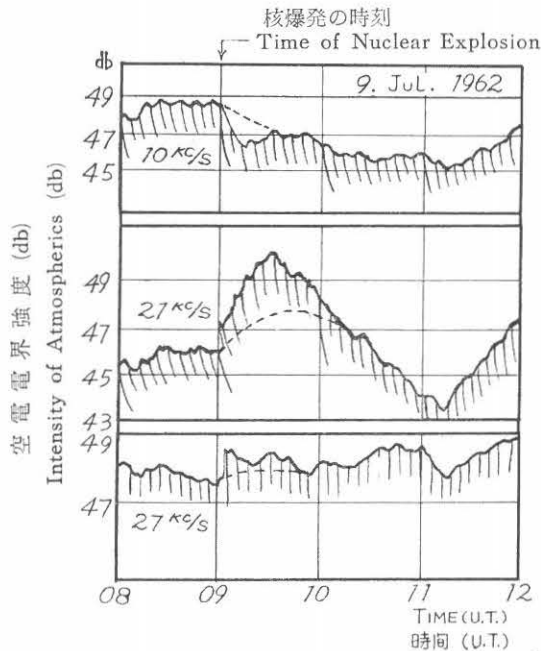
# 1962年7月9日の超高空核爆発に伴ったSEA効果

鎌田 哲夫

1962年7月9日 U. T. 0900, ジョーンズトン島上空で行われた核爆発は、前回(1958年8月)に比し高度も規模も大きいと報じられた。そして前回同様10~30kc/sの空電強度に異常現象が記録された。この様相を第1図並に第1表にしめす。

第1表 核爆発に伴った SEA 効果

月日	周波数 (kc/s)	開始時刻 (U.T.)	最大時刻 (U.T.)	継続時間 (min)	SEA Rate (db)
1962 7.9.	10	0901	0912	30	-2
	21	0903	0930	63	+3.5
	27	0903	0910	36	+0.5

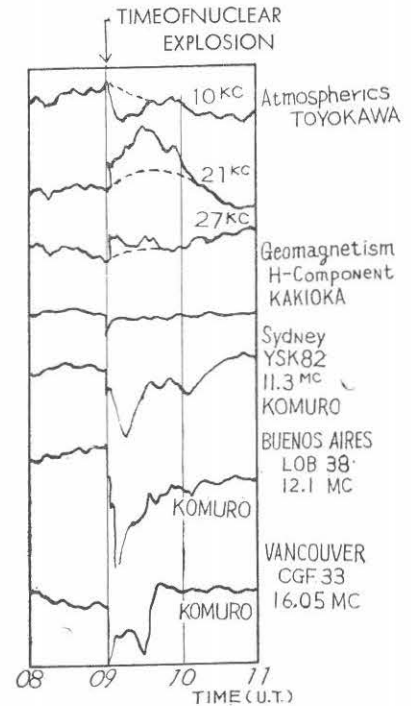


第1図 1962年7月9日に行われた超高空核爆発に伴った空電強度の異常現象

Fig. 1. Abnormal phenomena of the intensity of atmospherics associated with the High Altitude Nuclear Explosion on Jul. 9, 1962.

この異常現象の様相は、第1図に見られるように、太陽面爆発時に10~30kc/sの空電強度記録にあらわれるSEA (Sudden Enhancement of Atmospherics) と全く同一である。しかるにこの日は太陽面は静かで全く異常はなかった。その上この異常現象の開始が核爆発と同時にであったこと、第2図(a)に示すように地磁気フレア効果 (Crochet), HF波通信のSWF (Short Wave Fadeout) がやはり同時に観測されたこと等から、このSEAと同様の空電強度の異常現象は、核爆発により惹起されたものと推論されるので、核爆発によるSEA効果と名付けた。

前回の核爆発は高度100~200kmで行われ、その時のSEA効果については、金原により報告(1)されたが、



第2図(a) 1962年7月9日に行われた超高空核爆発により起った諸種のSID

Fig. 2. (a) SIDs associated with the High Altitude Nuclear Explosion on Jul. 9, 1962.

SEA 効果の開始時刻が爆発より10分程度おくれ、Mode II SEA (筆者の SEA の周波数成分による姿態の分類による一つで、27, 21kc/s成分では異常増大するが、10kc/s成分では何ら変化を生じない Mode) に属する姿態を記録した。今回の核爆発は、高度が400~600km と更に高くで行われ、SEA効果は爆発と同時に開始し、姿態も筆者の統計結果から太陽フレアの Imp. II 以上のときにあらわれる Mode IV (27, 21kc/s成分は異常増大し、10kc/s成分は異常減少する Mode) に属する姿態を記録した。

ここで注目すべきは、前回の SEA 効果と異なり開始時刻が核爆発時刻と同時であったことである。この事実は、超長波の伝播に寄与するD層が、爆心から光速で飛来した放射線等により擾乱をうけたことを示す結果と解釈される。D層が擾乱をうけたことは、秋田、国分寺、山川におけるイオノグラムで fmin が 0905~0930 U. T. で Black out したこと、短波通信受信強度で、北米、南米、濠州回線が共に爆発と同時に急激に fade out したことから裏付けられる。

そこで、D層がどの程度の擾乱をうけたかを、SEA効果の観測結果から推定してみた。このためには、超長波

の伝播特性を導波管理論により考察するのが最も適している。そこで先ず Wait<sup>(2)</sup> により導出された導波管理論式を簡単に述べる。

大地及び電離層を同心球面状の導波管と考え、垂直双極子から Pkw で発射される電波に対して、大圏距離 dkm で受信される垂直電界 E は、

$$E = E_0 W \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{ここに } W \cong \left[ \frac{d/a}{\sin d/a} \right]^{1/2} \cdot \frac{(d/\lambda)^{1/2}}{(h/\lambda)}$$

$$\left| \sum_{n=0}^{\infty} \delta_n S_n^{4n} e^{-i2\pi S_n (d/\lambda)} \right|$$

$$E_0 = 300\sqrt{P}/d$$

$$S_n = (1 - C_n^2)^{1/2}$$

更に C<sub>n</sub> は大地を完全導体と見做せば

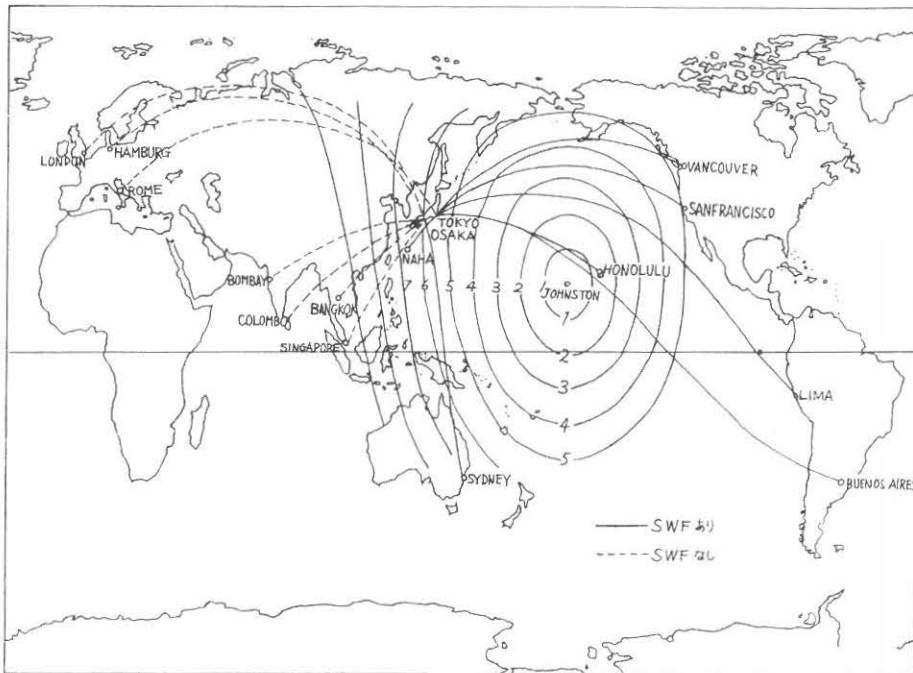
$$\frac{(L-i)C_n - \sqrt{C_n^2 L^2 - iL}}{(L-i)C_n + \sqrt{C_n^2 L^2 - iL}} = e^{4\pi i H C_n} \cdot e^{-2\pi i n} \dots(2)$$

の解である。

ここに L = ω/ω<sub>r</sub>, H = h/λ, n = 0, 1, 2, ……

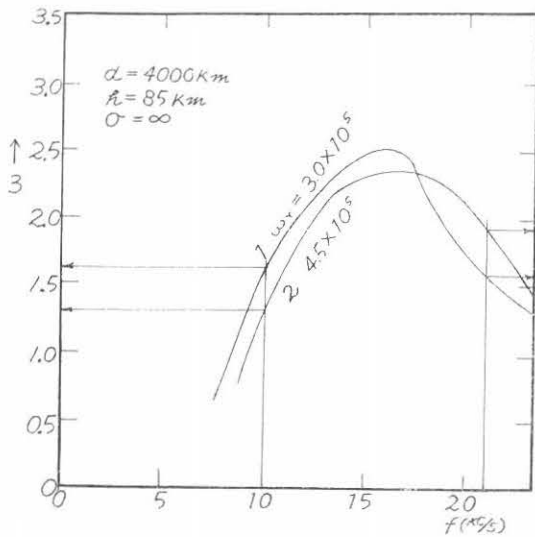
$$\delta_n = \left[ 1 + \frac{\sin 4\pi H C_n}{4\pi H C_n} \right]^{-1} \sim$$

$$\begin{cases} n=1, 2, 3, \dots\dots \text{に対して } 1 \\ n=0 \text{ に対して } 1/2 \end{cases}$$



第2図(b) 1962年7月9日0900 U. T.における国際短波回線のSWF被害状況

Fig. 2. (b) The conditions of SWF on the national short wave circuits in 0900 U. T. on Jul. 9, 1962.



第3図  $d=4000\text{km}$ ,  $h=85\text{km}$ ,  $\sigma=\infty$ ,  $\omega_r=3.0 \times 10^5$ ,  $4.5 \times 10^5$  に対するスペクトル函数  $W$

Fig. 3. The spectrum function for  $d=4000\text{km}$ ,  $h=85\text{km}$ ,  $\sigma=\infty$ ,  $\omega_r=3.0 \times 10^5$ ,  $4.5 \times 10^5$

$a$  = 地球半径 (km)

$\lambda$  = 電波の波長 (km)

$\omega$  = 電波の角周波数

$$\omega_r = \frac{(2\pi f_0)^2}{v} = \frac{3.182 \times 10^9 \cdot N}{v}$$

$f_0$  = プラズマ周波数

$N$  = 電子密度 (個数/cm<sup>3</sup>)

$h$  = 地表よりの電離層高

$v$  = 電子の衝突回数 (sec<sup>-1</sup>)

さて、ここで簡略に SEA 効果がおきる直前と、直後とで受信している空電源の強さは変化しないと仮定すると、SEA 効果がおきる直前の受信強度に対しては(1)式より  $E_1 = E_0 W_1$  とおくことが出来、SEA 効果が最大に對した場合の受信強度に対しては  $E_2 = E_0 W_2$  と考えられる。従って  $E_2/E_1 = W_2/W_1$  なる関係式をうる。ここに  $E_2/E_1$  の値は観測結果より求められるが、 $W_1$  に関しては、そのときの空電源迄の距離  $d$ 、受信周波数  $\omega$ 、電離層の高さ  $h$ 、高さ  $h$  における電子密度  $N$ 、電子の衝突回数  $v$  などがわからなければ求めることが出来ない。

そこで先ず受信距離  $d$  から考えよう。7月の本邦における受信空電強度は、1000軒以内に近雷のある場合はほとんどこれにより支配されるが、受信記録から考えると幸いなことに近雷がなく、従って受信強度の記録は支那大陸からフィリピン、ボルネオ方面の所謂定期性空電源の支配下におかれていた。更に短波の受信強度記録を

第2表

	$E_2/E_1$	$W_2/W_1$
10 kc	0.8	0.8
21 kc	1.5	1.2
27 kc	1.05	1.0

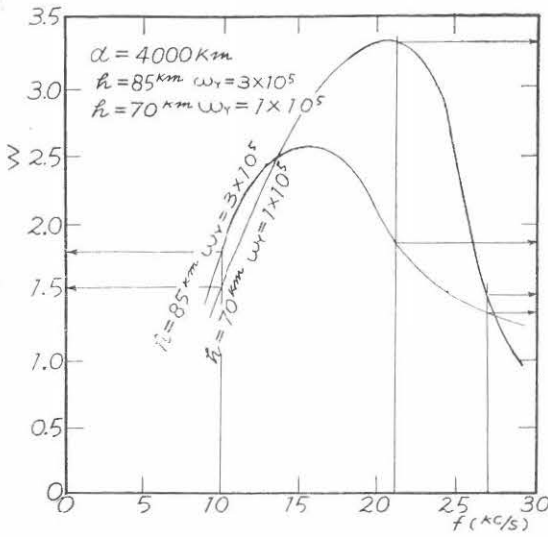
第3表

	$E_2/E_1$	$W_2/W_1$
10 kc	0.8	0.88
21 kc	1.5	1.79
27 kc	1.05	1.09

見ると、北米、南米、濠洲回線は fade out したにもかかわらず、シンガポール、バンコック、印度並に欧州回線は影響を蒙っていないことから、爆心から伝播路までの距離が約 6000km 以内でなければ影響を蒙らないことが判る(第2図(b)参照)。従って爆心から伝播路迄の距離並にこの季節の主要空電源とから、セレベス、西ニューギニア方面の空電源からの空電電波が影響をうけて SEA 効果を生じたと考えるのが妥当であろう。そこで受信距離  $d$  を約 4000km と推定した。

受信周波数は 10kc, 21kc, 27kc である。電離層の高さ  $h$  は、多くの研究者により D 層の高さがまちまちであるが、平均として 85km をとることとする。更に、 $N$ ,  $v$  の高度に対する分布は種々の値があり一定していないが、ここでは M. Nicolet<sup>(3)</sup> (1953) による  $v$ , A. P. Mitra<sup>(4)</sup> (1957) による  $N$  を用いると、日没時近くの D 層 ( $h=85\text{km}$  と仮定) では  $v=1.4 \times 10^6 \text{sec}^{-1}$ ,  $N=2 \sim 3 \times 10^3 \text{cm}^{-3}$  程度を考えればよいと思われる。従って  $\omega_r \approx 3 \times 10^5$  の order となる。そこで Howe と Wait の計算結果のグラフから、 $\omega_r=3 \times 10^5$ ,  $h=85\text{km}$ ,  $d=4000\text{km}$  に対する  $W$  の周波数スペクトル値をよみとって図示すると大略第3図(1)の如くなる。

さて D 層が擾乱をうけた場合にも、超長波に対する反射層の高さが変化しないで単に電子密度だけが増加したと仮定する。10kc/s 成分に対する  $E_2/E_1=0.8$  であり、従って  $W_2=0.8W_1$  となる。この点を通るスペクトル函数  $W$  を Howe と Wait の計算グラフから求めると、 $\omega_r$  は大略  $4.5 \times 10^5$  となる。この結果を第3図(2)に示す。この場合観測結果よりえた 10kc/s, 21kc/s, 27kc/s の  $E_2/E_1$  の値と、第3図(1), (2)よりえた  $W_2/W_1$  の値との



第4図  $d=4000\text{km}$ ,  $h=85\text{km}$ ,  $\omega_r=3 \times 10^5$ ,  $\sigma=\infty$  並に  $h=70\text{km}$ ,  $\omega_r=1 \times 10^5$  に対するスペクトル函数  $W$

Fig. 4. The Spectrum function for  $d=4000\text{km}$ ,  $\sigma=\infty$ ,  $h=85\text{km}$ ,  $\omega_r=3 \times 10^5$  and  $h=70\text{km}$ ,  $\omega_r=1 \times 10^5$

間には第2表の如き関係がえられ、実測の方が多少大きめであるが傾向としてはよいと思われる。

次に、超長波に対する反射層の高さが、電子密度に依存すると考え、D層の電子密度の上昇によって反射層の高さ、即ち或る電子密度を有する高さが下降したと仮定し、更に太陽フレア時のD層の下降と同一程度の下降が行われたとみると、その下降度は M. Nicolet<sup>(5)</sup> によると10~15kmのorderであり、従ってここでは15kmの下降を考えると、85kmでは $\omega_r=3 \times 10^5$ であったが、70kmでは、Nは85kmにおける値と同一と考えたから

$3 \times 10^5$ のorderであり、従って $v$ が $10^7 \text{ sec}^{-1}$ になるから、 $\omega_r=1 \times 10^5$ に低下し、スペクトル函数Wの変化は第4図の如くなる。この場合は観測結果よりの $E_2/E_1$ の値と、第4図よりえた $W_2/W_1$ の値は第3表の如くなり、計算値の方が多少大きめである。

実際には、電子密度の上昇とともに反射層高の低下も同時におこるはずであるから、両方の場合を結びつけて考えるべきであろう。従って簡略化したモデルから、この日のSEA効果を生ぜしめたD層内の擾乱は、電子密度の変化にして約1.5倍のorderで、反射層高の低下は、15kmでは大きすぎるから約5~10kmのorderであったらしいことが、導波管理論を用いることにより推察される。

さて、電波研の綿織氏<sup>(6)</sup>が、短波のSWFの記録から計算されたD層における電子密度の上昇率は約1.7倍で、そのときの吸収層の高さは約78kmと報告された。

この結果は、取扱っている周波数帯に相違があるため一概にはいえないが、SEA効果からえられた結果がorder的にはおかしくないことを裏付ける結果といえよう。

### 文 献

- (1) 金原 淳: 空電研究所報告 第10巻1-2号 p. 26 1960
- (2) J. R. Wait: I. R. E. 45, 768 1957
- (3) M. Nicolet: J. A. T. P. 3, 4, 200 1953
- (4) A. P. Mitra: J. A. T. P. 10, 3, 140 1957
- (5) M. Nicolet: J. G. R. 65 1960
- (6) 綿織: 超高層物理談話会講演 Oct. 1962